

УДК 630.18

Л.И. Аткина, С.В. Драчук, С.В. Залесов, К.И. Лопатин  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА КАК АДСОРБЕНТА ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ

Активизация аборигенной микрофлоры – один из методов ускорения самоочищения и самовосстановления экосистем. Это биогеохимический процесс трансформации загрязняющих веществ, сопряженный со стадийным процессом восстановления биоценоза.

Потенциальные возможности торфа как источника микроорганизмов - деструкторов в настоящее время доказаны в целом ряде работ (Горлатов, Беляев, 1984; Звягинцев, 1989). Установлено, что среди обитающих в торфе микроорганизмов немало питающихся углеводородами - в 4-5 раз больше, чем в иных почвах. Поэтому торф, который благодаря своей рыхлой поверхности достаточно активно впитывает нефть и ее компоненты, способствует также и их разрушению.

Цель нашей работы – проследить динамику численности нефтеокисляющих бактерий при использовании торфа в качестве адсорбента при ликвидации нефтяных разливов в модельном опыте.

В стеклянные емкости помещалось определенное количество торфа\* (полевая влажность 80-85%), отобранного из торфяной залежи верхового (мохового) типа. Причем при закладке старались ориентировать его так же, как и в естественных условиях, - очесом вверх. На этот слой наносилось определенное количество сырой нефти. Затем нефтезагрязненный торфяной слой последовательно засыпался подсушенным торфом (полевая влажность 55-60%), добытым также из залежи верхового типа. Таким образом сформировали два слоя торфа. Кислотность торфа не меняли, минеральные вещества для активизации микрофлоры (азот, фосфор) не добавляли.

Микробиологические исследования проведены согласно общепринятым методикам (Методы почвенной микробиологии, 1980; Разумовская и др., 1960). Для подсчета нефтеокисляющих микроорганизмов использовали среду Таусона для бактерий, окисляющих жидкие или твердые углеводороды (Кузнецов, Романенко, 1963). В качестве единственного источника

---

\* Тип торфа - верховой, вид (группа) - сфагновый; содержание органического вещества 97,7; зольность 2,3; кислотность: рН KCl-3,1, рН H<sub>2</sub>O-4,1.

углерода вносили 1 об.% дизельного топлива. Численность фотогетеротрофных пурпурных бактерий определяли посевом в толще соответствующей питательной среды. Пробирки со столбиками агаризированной среды инкубировали на свету (Драчук и др., 2002).

Определение содержания нефтепродуктов проводилось через 90 дней после закладки опыта по ПНД Ф 16.1.2.2.22-98 «Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии на концентратометре КН-1». Согласно методике содержание дано по отношению к весу сырого торфа.

Видовая структура углеводородоокисляющих бактериоценозов изучается в самых различных направлениях. Однако сведения по видовому составу весьма разноречивы. По нашему мнению, это связано как с отсутствием сравнительного анализа по влиянию абиотических факторов, так и трудностью идентификации бактерий. Так, в загрязненных нефтью водно-болотных сообществах Западной Сибири Т.В.Коронелли (1996) из 12 штаммов лишь один отнесен к роду псевдомонад, остальные являются родококками. По мнению этих авторов, псевдомонады широко представлены скорее в морских водах, загрязненных нефтью. Аналогичные выводы получены и М.В.Бердичевской и др. (1991) и И.С.Звягинцевой и др. (2001).

Фототрофные пурпурные бактерии нами были обнаружены только в нижних слоях. В верхних более сухих слоях их наличие не установлено. В контрольном незагрязненном слое их количество составляло 2,3 тыс.кл./г, в загрязненных слоях – от 400 до 51,6 тыс.кл./г торфа. Пурпурные бактерии являются частью нормальной микрофлоры торфа (Imhoff., Truper, 1991). При нефтяном загрязнении эти микроорганизмы также сохраняют свою жизнеспособность. Согласно ряду публикаций (Драчук, Кокшарова, Фирсов, 2002; Драчук, Морозов и др. 2002) пурпурные бактерии могут рассматриваться как индикаторная группа для выявления углеводородного загрязнения почв. Судя по полученным нами данным, пурпурные бактерии не могут быть такими индикаторами для торфа, так как могут быть обнаружены в торфе независимо от наличия нефти.

Кроме бактерий, нами изучены и почвенные грибы, которые, являясь гетеротрофами, постоянно нуждаются в наличии готового органического вещества. Одной из функций, выполняемых грибами в биоценозах, является минерализация органических веществ, в том числе и малодоступных для других микроорганизмов. Торф как питательная среда удовлетворяет потребности грибов, адаптированных к низким значениям pH в органическом веществе, однако избыток влаги и недостаток аэрации сдерживает их рост, и поэтому грибы в мало осушенных торфяно-болотных почвах, как правило, малочисленны.

В таблице представлены результаты наших микробиологических исследований. Максимальное количество бактерий при первом определении

(через один месяц после постановки опыта) было обнаружено в верхних слоях при загрязнении нефтью 3 и 10 л/м<sup>2</sup> - 1636 и 428,6 тыс.кл./г торфа соответственно. В контроле нефтеокисляющие бактерии не обнаружены (чувствительность метода позволяет учитывать лишь количество более 200 кл./г торфа). То есть присутствие нефти привело к активизации нефтеокисляющей микрофлоры.

При определении количества колониеобразующих единиц (КОЕ) нефтеокисляющих плесневых грибов (первое определение) максимальное их количество обнаружено в верхнем слое при загрязнении нефтью 3 л/м<sup>2</sup> - 36,4 тыс. КОЕ/г торфа. В нижних слоях их количество невелико - 1,8 - 3,6 тыс. КОЕ/г.

Количество аэробных нефтеокисляющих бактерий (тыс. кл./ г сух. торфа) и аэробных нефтеокисляющих грибов (тыс. КОЕ/ г торфа) в торфе с нефтяным загрязнением

Нефтяное загрязнение, л/м <sup>2</sup>	Бактерии		Грибы	
	Слой торфа		Слой торфа	
	верхний	нижний	верхний	нижний
Через 30 дней после начала эксперимента				
Контроль	< 200	< 200	< 200	1,8
1	15,6	27,2	1,25	3,6
3	1636,0	68,6	36,4	2,9
10	428,6	2,7	4,8	Не обнаружены
Через 60 дней после начала эксперимента				
Контроль	16,7	157,7	133,3	42,3
1	114,3	7307,7	54,3	423,1
3	27,8	7464,8	53,6	17,8
10	461,5	11250,0	246,2	73,0

При втором определении (через 2 месяца после начала опыта) наблюдается заметное увеличение количества нефтеокисляющих бактерий и грибов (см. таблицу). Однако в верхнем слое при загрязнении нефтью 3 л/м<sup>2</sup> количество бактерий уменьшилось (с 1636 до 27,8 тыс. кл. / г торфа). Это может быть связано с истощением микробной популяцией биогенных элементов либо с колебаниями влажности в верхнем слое субстрата.

Таким образом, нефтеокисляющая микрофлора в торфе представлена как аэробными бактериями, так и грибами (род *Penicillium*). Для развития грибов благоприятна кислая среда торфа. Нефтеокисляющие микроорганизмы развиваются как в верхних, так и в нижних слоях.

Динамика накопления нефтеокисляющей микрофлоры в слое торфа как загрязненном нефтепродуктами, так и в чистом четко прослеживается в течение двух месяцев эксперимента. Рассмотрев соотношение микроор-

ганизмов в различных слоях, исходно загрязненном и чистом, мы пришли к следующим выводам.

В верхнем подсушенном слое торфа за два месяца наблюдений происходит резкое увеличение нефтеокисляющих микроорганизмов по отношению к нижнему, загрязненному нефтью. У грибов наблюдается несколько иная картина. Их количество всегда преобладает в нижнем слое, загрязненном нефтью, что также характеризует устойчивость к высоким концентрациям нефти.

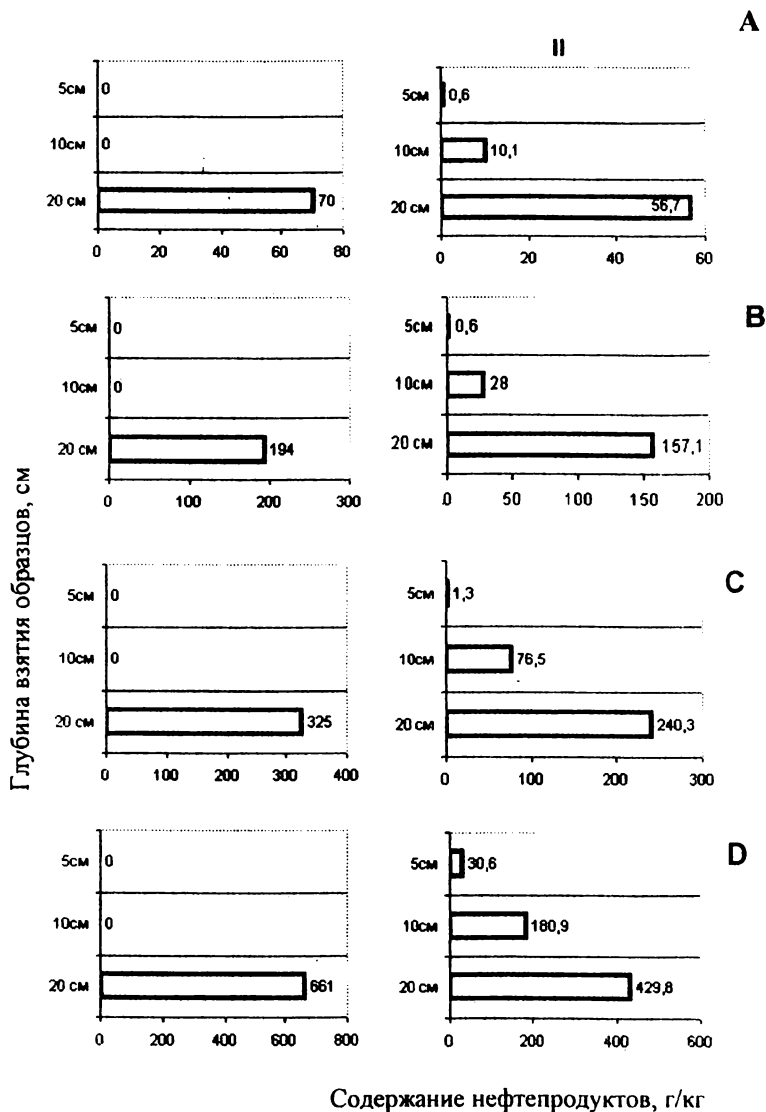
Количество нефтепродуктов в торфе определялось в период закладки опыта и через 90 дней. Считаем необходимым отметить, что все наши выводы будут носить предварительный характер и касаться лишь результатов, полученных в лаборатории. В полевых условиях картина может быть иной. В первую очередь это произойдет из-за иного режима увлажнения слоев торфа.

При всех исходных концентрациях загрязнения количество нефтепродуктов в нижнем слое так и осталось наибольшим. Верхний слой торфа был разделен на два равных подслоя. В подслое, примыкающем к нижнему, количество нефтепродуктов гораздо меньше, чем в верхнем подслое (рисунок). Можно констатировать некоторую зависимость количества нефти, проникшей в нижний подслон из загрязненного, от степени загрязнения. Максимальное содержание в образце с загрязнением нефтью  $10 \text{ л/м}^2$  –  $180 \text{ г/кг}$ , а минимальное в образце с загрязнением  $1 \text{ л/м}^2$  –  $10,1 \text{ г/кг}$ . Однако везде количество проникшей нефти не превышает 30% от общего количества.

Рассмотрев полученные результаты, можно сделать вывод, что верхний слой торфа впитывает от 10 до 211 г нефти на кг торфа, что активизирует работу микрофлоры в нижних слоях и увеличивает деструктивную способность нефтеокисляющих бактерий в верхних слоях торфа.

Как следует из полученных экспериментальных данных, использование технологии засыпки загрязненных нефтью торфяных залежей подсушенным торфом имеет ряд преимуществ. Благодаря адсорбции загрязнитель частично переводится в активную зону разложения, тем самым снижая нагрузку на биопродуцирующий слой, ответственный за восстановление естественных природных функций ценоза.

В процессе разрушения нефти в торфяной залежи активное участие принимают все составляющие микробиоценоза залежи: бактерии и микромицеты. Наиболее благоприятные условия для развития микробного ценоза, расщепляющего нефть, складываются при внесении на торфяной слой, загрязненный нефтью, сорбента. В настоящем случае – торф в воздушно-сухом состоянии. Прирост численности всех составляющих микробиоценоза свидетельствует об интенсивности протекания деструктивных процессов и хорошей аэрации в системе залежь + нефть – торфяная засыпка.



Изменение содержания нефтепродуктов в слоях торфа при различной исходной концентрации: **A** - 1 л/м², **B** - 3 л/м², **C** - 5 л/м², **D** - 10 л/м². Слой: нижний (15-30 см) - загрязненный нефтью; средний (7-15 см) - нижняя часть насыпанного слоя торфа; верхний (0-7 см) - верхняя часть насыпанного слоя торфа.

I - при закладке опыта; II - через 90 дней

Интенсификация деятельности аборигенной микрофлоры возможна добавками определенных количеств минеральных удобрений и раскислением торфа.

Таким образом, проведенный модельный эксперимент по рекультивации загрязненной торфяной залежи слоем подсушенного торфа имеет положительный результат. При таком методе рекультивации идет активизация деструктивных процессов в слое торфа.

#### Библиографический список

Бердичевская М.В., Козырева Г.И., Благинных А.В. Численность, видовой состав и оксигенная активность углеводородоксилирующего сообщества нефтезагрязненных речных акваторий Урала и Западной Сибири // Микробиология. 1991. Вып.6. С.122-127.

Горлатов С.Н., Беляев С.С. Аэробная микрофлора нефтяного месторождения и способность ее к деструкции нефти // Микробиология. 1984. №5. С.843-849.

Драчук С.В., Кокшарова Н.В., Фирсов Н.Н. Микрофлора почв, загрязненных нефтепродуктами // Экология. 2002. №2. С.148-150.

Драчук С.В. и др. Пурпурные несерные бактерии как компонент микрофлоры нефтезагрязненных почв // Современные проблемы экологии, микробиологии и иммунологии: Тез. докл. конф. молодых ученых. Пермь, 2000. С.37-38.

Звягинцев Д.Г. Микроорганизмы и охрана почв. М.,1989. С. 3-4.

Звягинцева И.С., Суровцева Э.Г. и др. Деградация нефтяных масел нокардиоподобными бактериями // Микробиология. 2001. № 3. С. 321-328.

Коронелли Т.В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводов в окружающей среде (обзор)//Прикладная биохимия и микробиология. 1996. Т.32. С. 579-585.

Кузнецов С.И., Романенко В.И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов. М., 1963. 130 с.

Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г.Звягинцева. М., 1980. 224 с.

Разумовская З.Г., Чижик Г.Я., Громов Б.В. Лабораторные занятия по почвенной микробиологии. Л, 1960. 184 с.

Innhoff J.F., Truper H.G. The genus *Rhodospirillum* and related genera // The Prokaryotes. - Baltimore: Springer, 1991, vol.3. P. 2141-2155.